



# Quel choix de source d'énergie pour rendre un système communicant autonome ?

Jean-François Llibre, Philippe Pinel, Eric Campo

## ► To cite this version:

Jean-François Llibre, Philippe Pinel, Eric Campo. Quel choix de source d'énergie pour rendre un système communicant autonome ?. CNRIUT, 2006, pp.EP2\_07. hal-00326623

**HAL Id: hal-00326623**

**<https://hal.science/hal-00326623>**

Submitted on 3 Oct 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Quel choix de source d'énergie pour rendre un système communicant autonome ?

**Jean-François LLIBRE, Philippe PINEL, Eric CAMPO**

*IUT de Blagnac*

*Laboratoire ICARE (EA3050)*

*1 Place Georges Brassens – BP 60073, 31703 Blagnac Cedex*

*llibre@iut-blagnac.fr ; ppinel@gmail.com ; campo@iut-blagnac.fr*

**Section de rattachement : 63**

**Secteur : Secondaire**

**Résumé.** *Les liaisons filaires qui permettent l'échange d'informations entre des équipements ont tendance à disparaître avec l'avènement des technologies Bluetooth et Zigbee. De plus en plus de systèmes tendent à devenir autonomes. Le point bloquant reste la dépendance énergétique et le rechargement via le réseau électrique de distribution. Nous dressons l'éventail des énergies « gratuites » qui permettent de rendre complètement autonome les systèmes communicants radiofréquence. Parmi toutes ces énergies, l'énergie solaire et l'énergie mécanique semblent être celles qui offrent les perspectives les plus intéressantes.*

**Mots-Clés.** *apport d'énergie, autonome, sans contact, source énergétique, système communicant.*

## 1. Introduction

Les technologies Bluetooth et Zigbee sont utilisées pour permettre la liaison entre des équipements et un ordinateur, ou entre des équipements. Le réseau ainsi constitué est appelé WPAN (réseau personnel sans fil). Les débits sont respectivement de l'ordre de 1 Mb/s et 250 kb/s, et la portée est faible (quelques dizaines de mètres). Ces technologies ont l'avantage d'être peu gourmandes en énergie (de l'ordre de 0,1 W) et surtout d'être très utilisées, ce qui fait que le prix des composants est très intéressant.

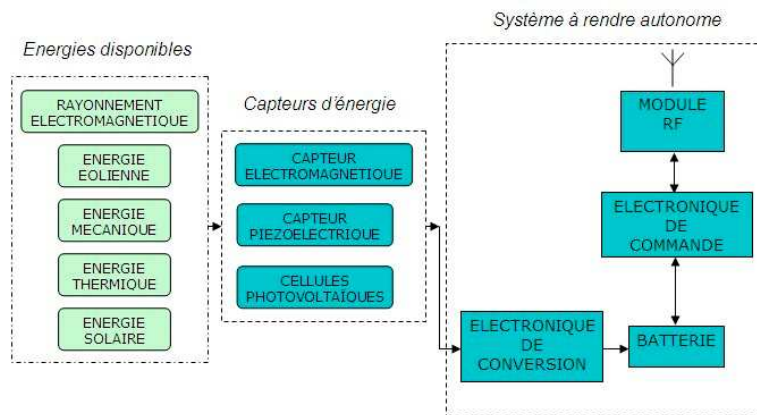
Actuellement, le point bloquant pour tout système de communication dit autonome est la dépendance énergétique. Malgré les progrès effectués au niveau des capacités des accumulateurs et au niveau de la consommation énergétique des composants utilisés, la dépendance vis-à-vis du réseau EDF pour le rechargement de l'accumulateur demeure.

L'objet de cet article est de présenter les différentes possibilités d'apport d'énergie de manière à se rendre indépendant du rechargement au secteur. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'apport d'énergie destiné à un système radio de faible dimension (de la taille d'un PDA) situé dans un environnement extérieur.

## 2. Architecture d'un système communicant sans fil autonome

L'architecture d'un système communicant sans fil autonome peut être représenté sous la forme suivante (cf. figure 1). Il est décomposable en cinq modules spécifiques :

- un récepteur d'énergie associé à un ou des capteurs,
- un convertisseur d'énergie qui assure l'adaptation à la batterie ou accumulateur,
- un accumulateur pour stocker l'énergie,
- une électronique de commande qui alimente le module RF,
- un module communicant RF qui permet au système de communiquer.



**Figure 1.** Architecture d'un système communicant sans fil autonome.

Le type de récepteur d'énergie ou de capteur d'énergie à mettre en œuvre est très étroitement lié à la source d'énergie disponible et susceptible d'être récupérée. Le paragraphe suivant détaillera les différentes sources d'énergie et leurs récepteurs.

## 3. Choix de la source et des capteurs d'énergie

### 3.1. L'énergie solaire

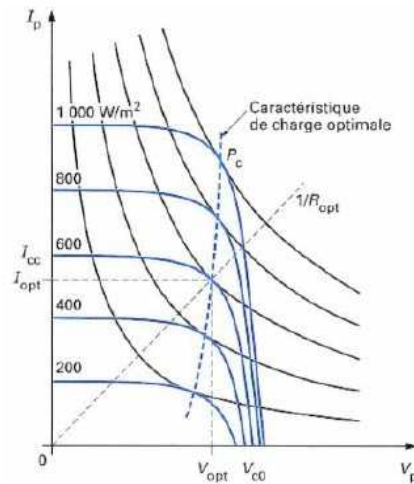
#### 3.1.1. Rappels théoriques

En ce qui concerne l'énergie solaire, le récepteur d'énergie sera constitué de cellules photovoltaïques. L'association en série et en parallèle de ces cellules constitue un générateur photovoltaïque (PV) caractérisé par :

- la tension à vide  $V_{co}$  et le courant de court-circuit  $I_{cc}$ ,
- la puissance crête : puissance délivrée par le module pour un éclairement de 1000 W/m<sup>2</sup> pour une température de jonction de 25°C (dans les Conditions Standard de Test : STC),
- le rendement qui diffère suivant la technologie utilisée (il passe par un maximum pour le point de puissance maximale) et la caractéristique courant - tension.

Cette dernière varie en fonction de l'éclairement (cf. figure 2) (Protin *et al.*).

L'utilisation du générateur PV est optimale pour le point  $(V_{opt}, I_{opt})$  correspondant au point de puissance maximale. On peut constater qu'en fonction de l'éclairement, la tension  $V_{opt}$  varie peu.



**Figure 2.** Réseau de caractéristiques d'un générateur PV pour différents éclairements.

Lorsque le générateur PV est connecté à une charge, le point de fonctionnement est défini par l'intersection de leurs deux caractéristiques courant-tension. Le transfert de puissance sera maximal lorsque la caractéristique de la charge passe par le point  $(V_{opt}, I_{opt})$ . L'impédance de charge  $R_{opt}$  doit alors être adaptée en permanence aux variations de l'éclairement et de la température de jonction des cellules. Ces systèmes d'adaptation ou de poursuite sont mis en œuvre depuis de nombreuses années et sont appelés MPPT (Maximum Power Point Tracking).

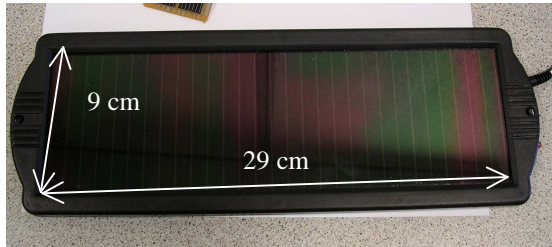
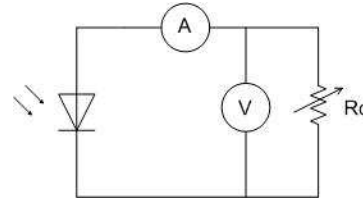
Les accumulateurs électrochimiques constituent une charge naturellement optimale à condition que la tension de la batterie coïncide avec  $V_{opt}$  du générateur PV. En effet, la tension des accumulateurs varie peu en fonction de l'état de décharge, si l'état de décharge profond n'est pas atteint. On peut ainsi pour des soucis de simplicité s'affranchir du système de poursuite MPPT.

### 3.1.2. Mesures pratiques

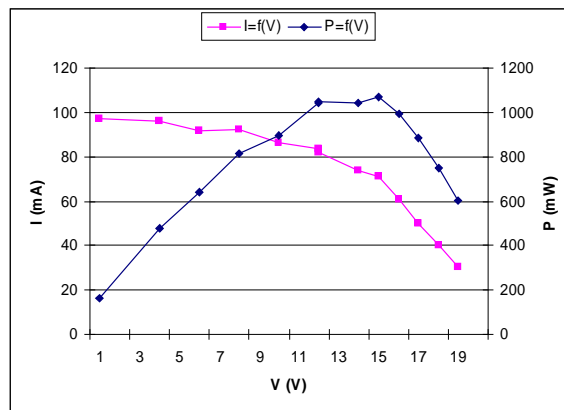
Nous avons étudié un panneau solaire de marque Smart Solar (référence web) permettant de charger une batterie de voiture (cf. figure 3). Le matériau constituant les cellules est à base de silicium amorphe. Ces caractéristiques électriques sont les suivantes : 80 mA, 15 V, puissance de 1 W.

Le montage expérimental de caractérisation de ces cellules est donné en figure 4.

Les mesures de courant et de tension se sont faites en extérieur courant avril 2005 vers midi pour un ensoleillement moyen. Elles ont conduit au graphique de la figure 5.

**Figure 3.** Photo du panneau solaire étudié.**Figure 4.** Montage expérimental.

La puissance maximale mesurée expérimentalement est de 1050 mW. Elle est fournie pour une tension comprise entre 12 et 15 V, ce qui correspond à la tension à vide d'une batterie de voiture.

**Figure 5.** Courbes  $I(V)$  et  $P(V)$  du panneau solaire pour batterie de voiture.

En supposant que la puissance moyenne d'ensoleillement est de  $500 \text{ W/m}^2$  et que nous disposions de cellules photovoltaïques au silicium amorphe de rendement de 8%, la puissance théorique  $P_{th}$  que l'on peut espérer récupérer est de  $40 \text{ W/m}^2$ . Le générateur ayant une surface de  $261 \text{ cm}^2$ , la puissance que peut fournir le panneau solaire est alors de  $1044 \text{ mW}$ , ce qui correspond à l'expérimentation.

On montre ainsi que les générateurs photovoltaïques peuvent fournir une puissance électrique non négligeable directement exploitable pour charger un accumulateur.

### 3.2. L'énergie mécanique

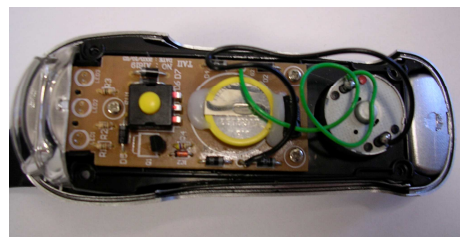
L'apport d'énergie sous forme mécanique peut permettre de recharger un accumulateur. Elle nécessite l'action humaine volontaire ou non volontaire et de ce fait elle ne rendra pas notre système communicant complètement autonome. Néanmoins,

elle est intéressante à étudier car la puissance récupérable peut être importante. Différents types de génération électrique utilisant l'énergie mécanique ont été expérimentés (Turri *et al.*, 2002).

Nous avons testé une lampe électrique (marque IDK multimedia) dont l'accumulateur se recharge à l'aide d'une manivelle (cf. figure 6). Suite à un démontage de la lampe dont on peut apercevoir en figure 7 une vue interne, nous en avons déduit son schéma électrique donné en figure 8.

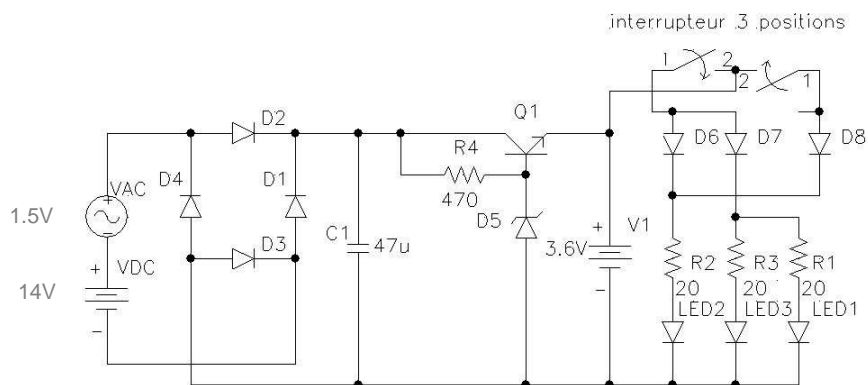


**Figure 6.** Lampe « dynamo ».



**Figure 7.** Montage électrique de la lampe.

Elle est composée d'une génératrice, entraînée par une manivelle via un train d'engrenages. Cette génératrice fournit une tension continue d'environ 14 V avec une ondulation de 1 à 2 V lorsque la manivelle est tournée à un rythme soutenu (cf. figure 9). Le courant mesuré fourni par la génératrice est alors compris entre 40 et 50 mA.



**Figure 8.** Schéma électrique de la lampe « dynamo ».

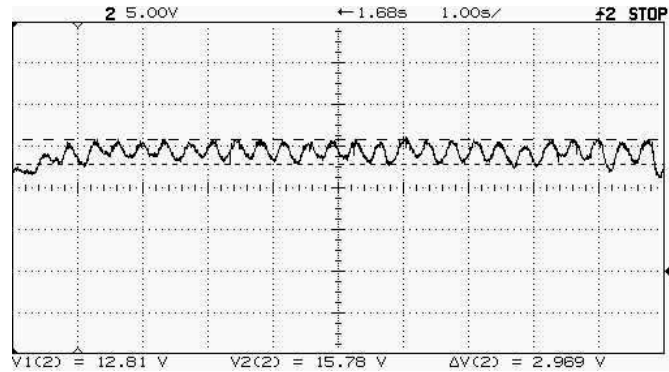
L'étage suivant est composé d'un circuit redresseur à base d'un pont de diodes et d'un condensateur de filtrage. Le transistor (de type NPN 8050 D 331) associé à la diode Zener avec la résistance R4 entre la base et le collecteur sert de régulateur de tension afin d'alimenter l'accumulateur Lithium ion LIR 2032 de 3,6 V et 35 mA. Un

interrupteur à trois positions permet de choisir le mode d'éclairement désiré (1 seule led, les 3 leds ou aucune).

Le régulateur qui assure l'interface entre la génératrice et l'accumulateur est un régulateur de type série classique. La diode Zener, polarisée par la résistance, fournit une tension stable à la base du transistor. La tension d'émetteur sera elle aussi stable et égale à  $V_z - V_{be}$ . Une partie de l'énergie va être perdue aux bornes de la résistance et de la Zener. Ce montage n'est pas optimisé mais a pour principal avantage d'être simple (peu de composants utilisés) et peu onéreux.

D'après le constructeur, pour 120 tours de manivelle en une minute :

- l'accumulateur est chargé à 80% et permet un éclairage avec une led pendant 30 minutes,
- la puissance est au maximum de 1 W.



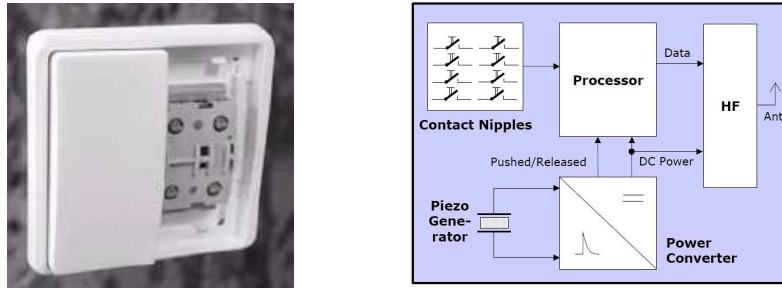
**Figure 9.** Tension délivrée par la génératrice.

A partir de la figure 9, on peut en déduire que la vitesse de rotation était pendant l'expérience d'environ 2,75 tour/s soit 165 tour/mn. Pour cette vitesse, la puissance électrique fournit par la génératrice était d'environ 0,65 W (14,3 V et 45 mA en moyenne).

Cette source d'énergie permettrait de suppléer l'énergie solaire au cas où cette dernière serait insuffisante pour recharger la batterie. Dans ce cas, il faudrait prévoir de transmettre via le module RF l'état de charge de la batterie.

### 3.3. L'énergie piézoélectrique

Un autre moyen de récupérer de l'énergie est d'implanter sur le système des capteurs piézoélectriques. Ces types de capteur ont la particularité de produire une fem lorsqu'on leur applique une contrainte mécanique. Il existe quelques dispositifs exploitant ce principe. On peut citer par exemple un interrupteur sans fil piézoélectrique qui lorsqu'il est actionné envoie l'information de fermeture ou d'ouverture (figure 10). L'énergie développée à chaque opération de pression est de 200  $\mu$ Ws (Schmidt *et al.*).



**Figure 10.** Interrupteur piézoélectrique EnOcean.

Les puissances développées par les générateurs piézoélectriques sont trop faibles et ne sont pas compatibles avec les besoins énergétiques des systèmes communicants RF de type WPAN.

### 3.4. Autres sources d'énergie

On peut trouver des sources d'énergie qui permettent un apport d'énergie sans contact telles que l'induction électromagnétique, l'énergie thermique, l'énergie éolienne et l'énergie électromagnétique par micro-ondes.

En ce qui concerne l'apport d'énergie par induction électromagnétique, le principe de fonctionnement est basé sur la loi de Lenz. C'est le couplage magnétique entre deux bobines proches séparées d'un entrefer plus ou moins important qui permet le transfert d'énergie entre un émetteur et un récepteur. On peut citer l'exemple d'application médicale du transformateur à grand entrefer pour l'alimentation électrique transdermique (Coty 2002) et aussi l'exemple de recharge de véhicule électrique (Costa 2002). Ces deux techniques imposent au système à recharger d'être à proximité de la base énergétique, ce qui ne le rend pas complètement autonome.

L'apport d'énergie par génération thermoélectrique utilise l'effet Seebeck : un apport thermique à la jonction de deux matériaux différents, conducteurs de l'électricité, crée une différence de potentiel. Un exemple d'application qui a débouché sur un produit industriel est une montre de marque Seiko où le générateur thermoélectrique fournit 22  $\mu$ W sous 300 mV (Stockholm 2002). Cette source d'énergie encore peu étudiée paraît intéressante pour rendre autonome des microsystèmes.

L'énergie éolienne est un autre domaine en pleine expansion qui permet un apport d'énergie sans contact. Nous ne détaillerons pas ce principe au regard de notre application sans fil qui reste basée sur des dispositifs de petites dimensions.

Pour finir, il est possible de transmettre de l'énergie sans contact par micro-ondes. Ce principe est appelé TESF : Transmission d'Energie Sans Fil. La fréquence micro-ondes qui permet un maximum de transfert d'énergie se situe autour de 3 GHz, zone où l'atténuation de l'atmosphère est la plus faible (Costa 2002). La source micro-ondes la



plus utilisée est le magnétron à 2,4 GHz équipant les fours à micro-ondes. Pour le récepteur, il faut prévoir une antenne et un dispositif électronique de conversion RF-DC. Il existe des antennes appelées Rectenna qui intègrent le dispositif de conversion (Zbitou 2005). Le développement de cette technique de transmission d'énergie est freinée par :

- le rendement de la chaîne de conversion de l'émetteur au récepteur en passant par le médium atmosphère (ou le vide si la transmission se fait dans l'espace) qui reste faible : 40 à 70% pour l'émission et 85% pour la réception,
- la taille des antennes d'émission et de réception,
- le choix de la bande de fréquence qui ne doit pas perturber les télécommunications et induire des effets physiologiques néfastes.

#### 4. Bilan

Nous avons étudié les différentes formes d'énergie que l'on peut exploiter afin d'augmenter l'autonomie d'un système communicant sans fil de faibles dimensions utilisant des technologies WPAN. Parmi toutes ces formes d'énergie, l'énergie photovoltaïque et l'énergie mécanique semblent les plus appropriées. La première bien entendu est tributaire de l'ensoleillement tandis que la seconde nécessite la présence d'un manipulateur. Les autres technologies d'apport d'énergie n'ont pas de rendement suffisant pour être exploitables pour un système communicant de type WPAN ou bien sont inadaptées de par leur encombrement.

#### Bibliographie

- Costa F., « Transmission d'énergie à distance », *Actes des Journées Electrotechniques du Club EEA - Energie Portable : autonomie et intégration dans l'environnement humain*, Cachan, 21-22 mars 2002
- Coty A., « Alimentation électrique transdermique », *Actes des Journées Electrotechniques du Club EEA - Energie Portable : autonomie et intégration dans l'environnement humain*, Cachan, 21-22 mars 2002
- Protin L., Astier S., « Convertisseurs photovoltaïques », *Techniques de l'ingénieur*, D3-360
- Schmidt F., Heiden M., « Wireless Sensors Enabled by Smarty Energy - Concepts and Solutions », *EnOcean GmbH*, Germany, [www.enocean.com](http://www.enocean.com)
- Stockholm J. G., « Génération thermoélectrique », *Actes des Journées Electrotechniques du Club EEA - Energie Portable : autonomie et intégration dans l'environnement humain*, Cachan, 21-22 mars 2002
- Turri S., Multon B., Ben Ahmed H., Miller D., Multon F., Delamarche P., « Caractérisation d'un générateur portable : de l'énergie humaine à l'électricité », *Actes du Colloque GEVIQ 2002*, Marseille, juin 2002
- Zbitou J., Etude, conception et réalisation d'un système de conversion RF-DC, thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique de Nantes, 19 janvier 2005
- [http://www.batterystuff.com/productdisplay.html?id=424&c=9&f=12\\_Volt\\_Solar\\_Cycle\\_Saver\\_1Watt](http://www.batterystuff.com/productdisplay.html?id=424&c=9&f=12_Volt_Solar_Cycle_Saver_1Watt)